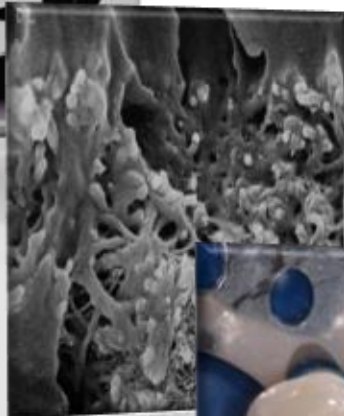


Académie Nationale de Chirurgie Dentaire

Paris

1 5 O c t o b r e 2 0 2 6



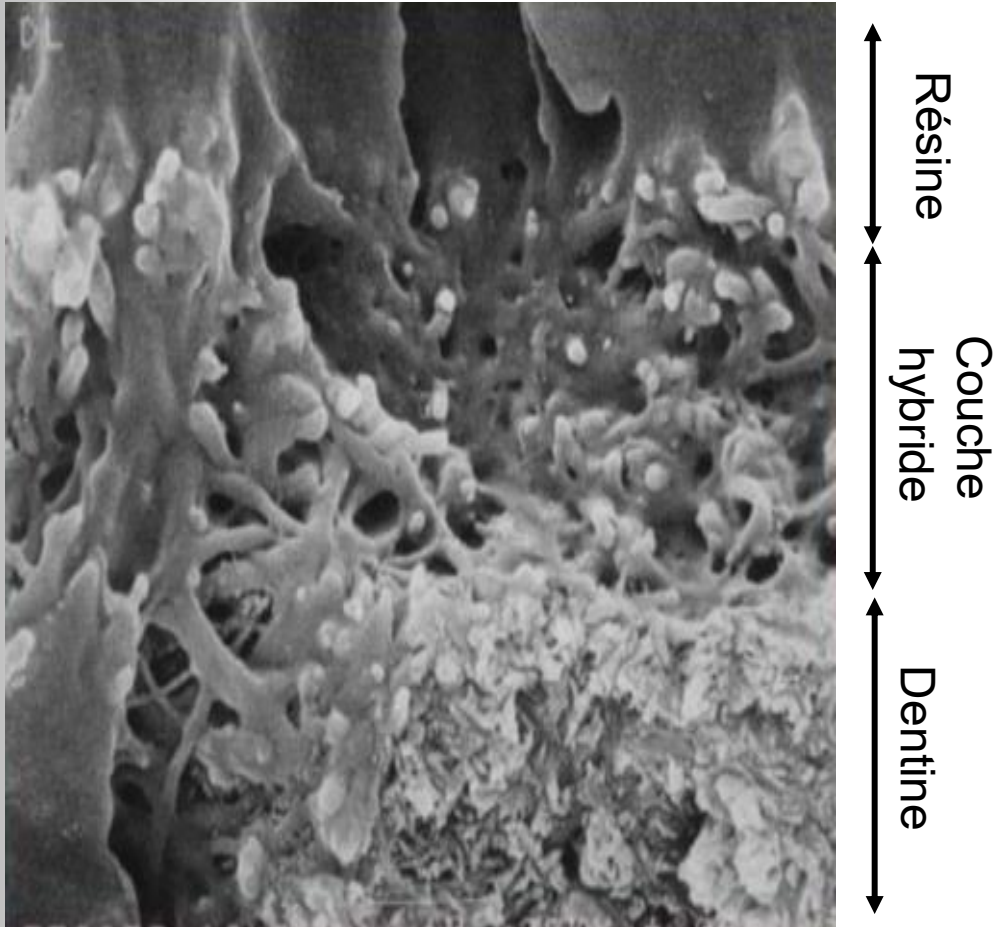
Dégradation de la Couche Hybride

N . L E H M A N N

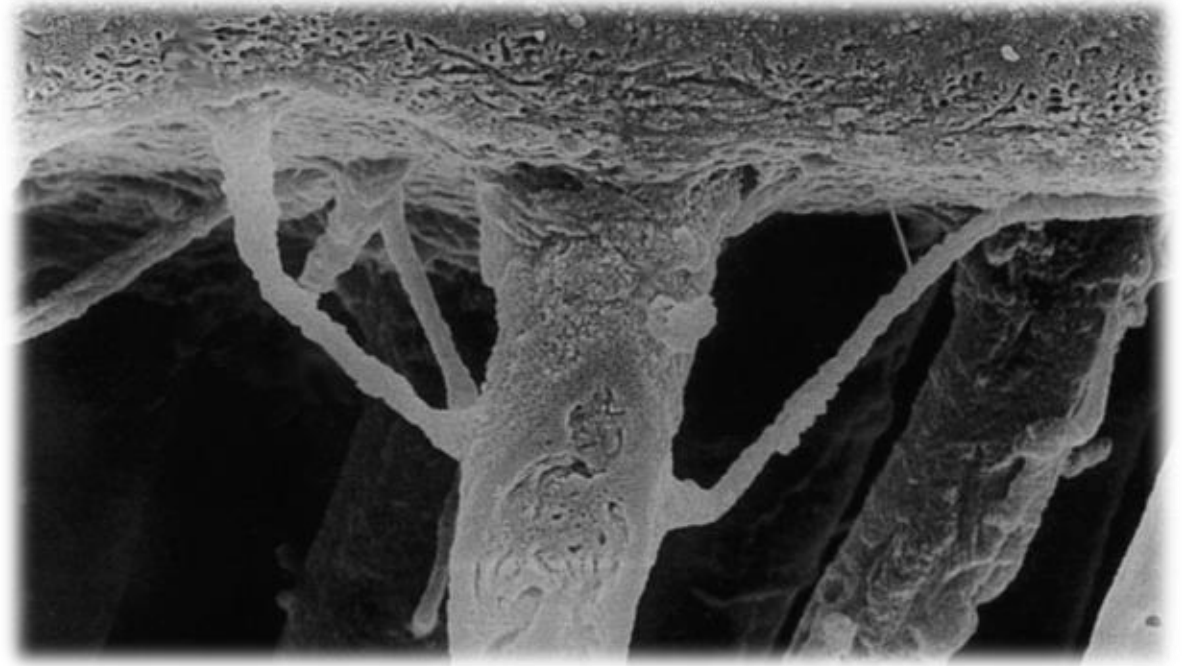


La Couche Hybride

DEFINITION



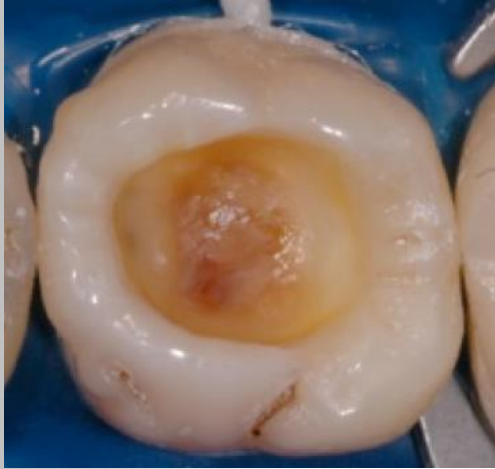
Courtoisie: Pr Sano



Interphase issue de la pénétration et de la polymérisation de la résine au sein des fibres de collagène.

Nakabayashi N et al. Promotion of adhesion by infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982;16;265-273.

Restaurations Adhésives

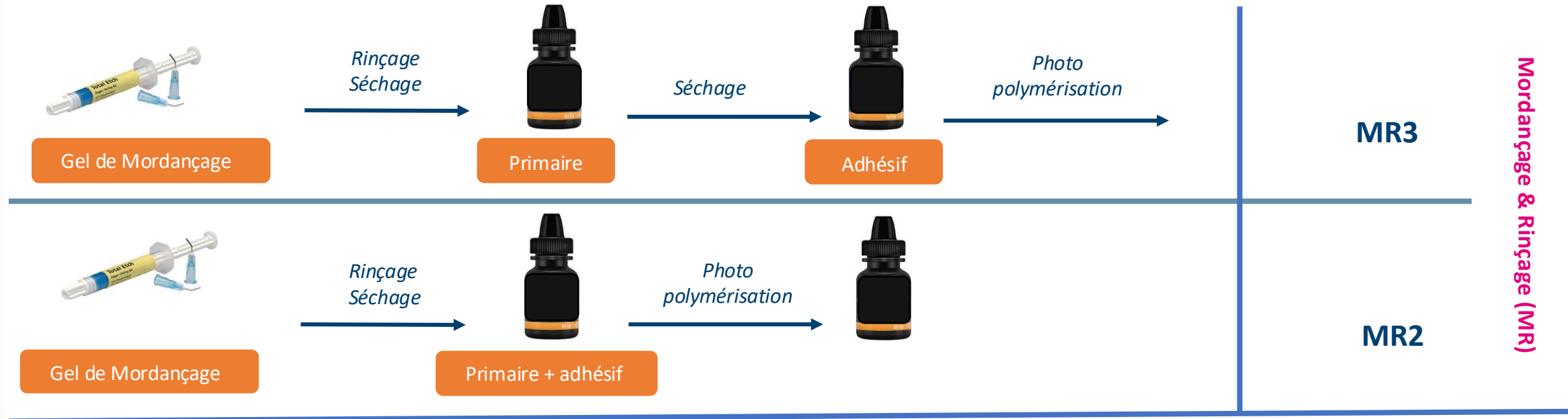


Restaurations Directes

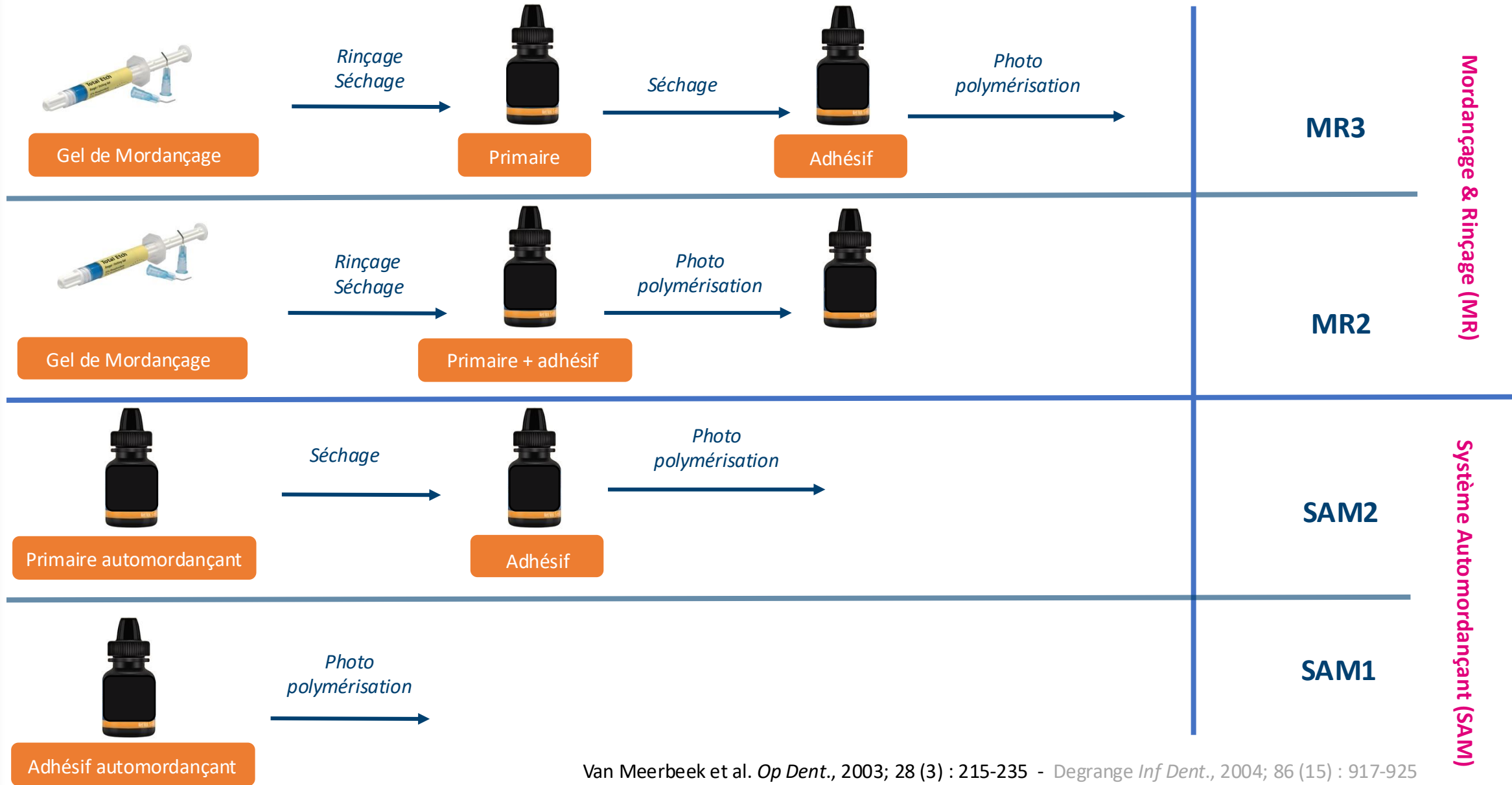


Restaurations Indirectes

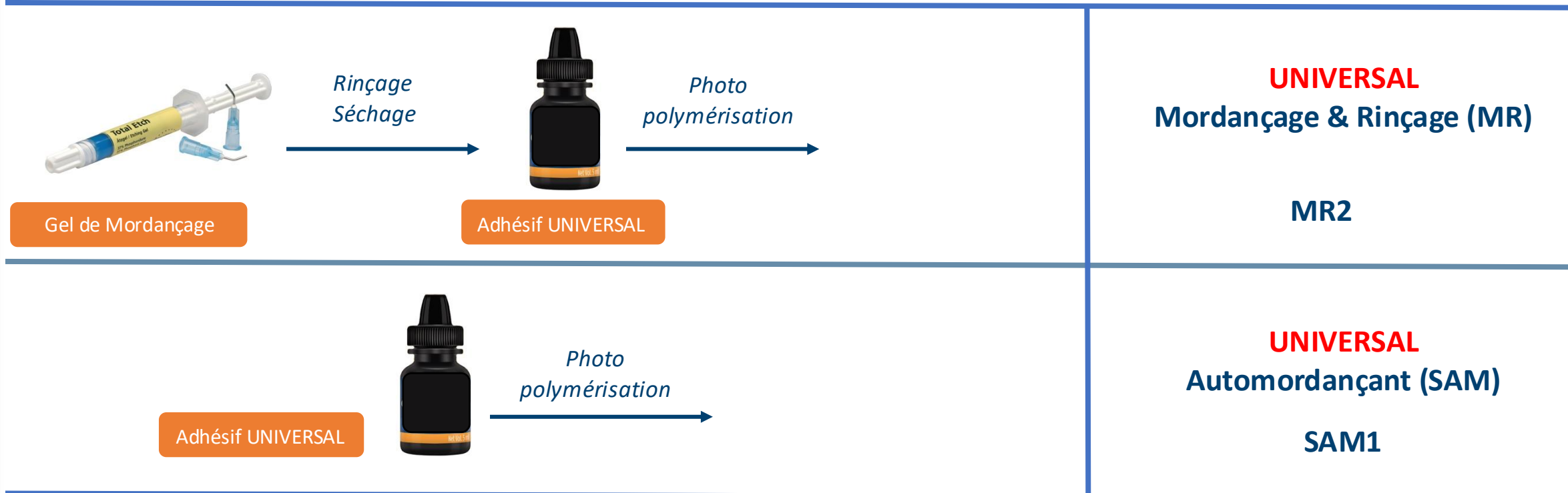
L'adhésion aux tissus dentaires



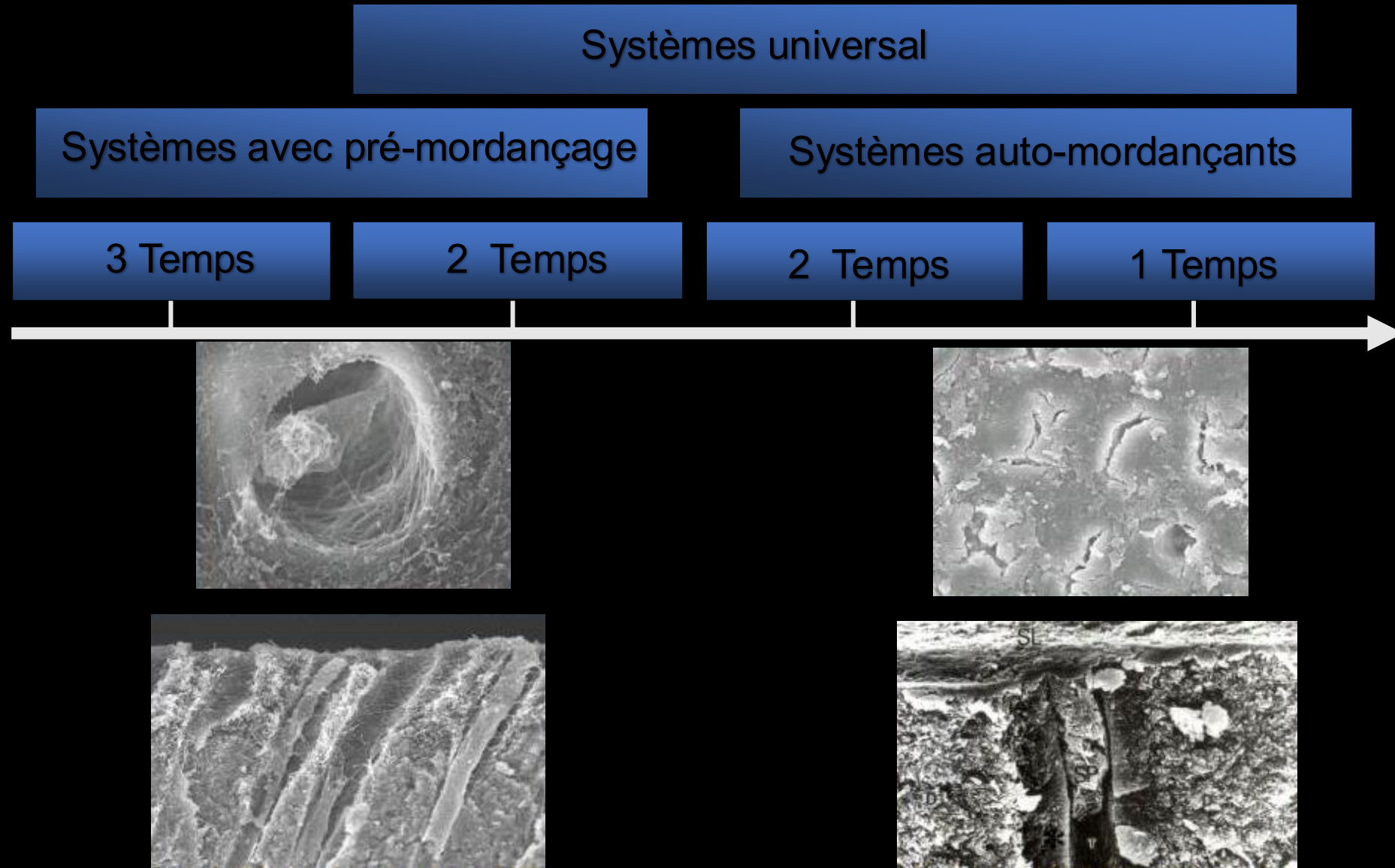
L'adhésion aux tissus dentaires



L'adhésion aux tissus dentaires



L'adhésion aux tissus dentaires



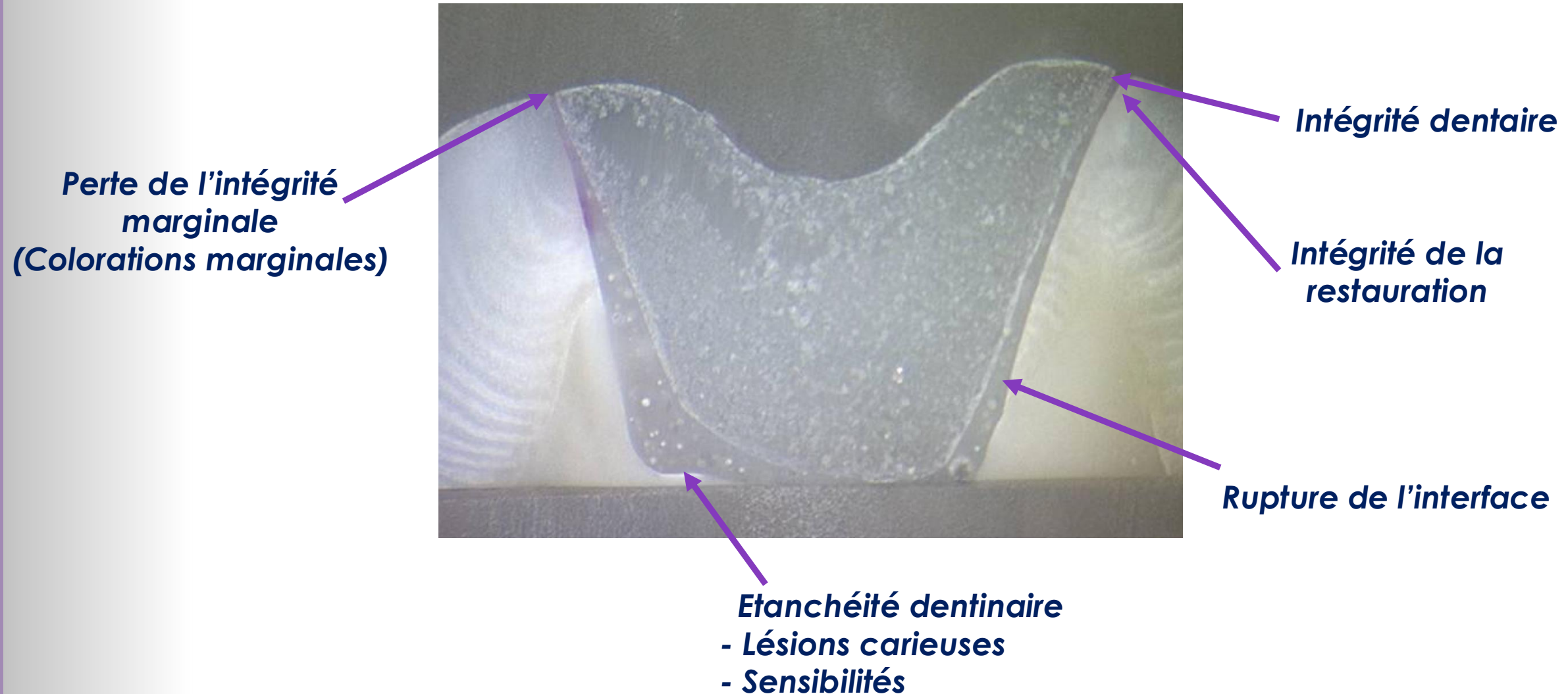
Dégradation de la couche hybride

Breschi L et al. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications *Dent Mater* 2017

Frassetto et al. Mechanism of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability. A literature review. *Dent Mater* 2015

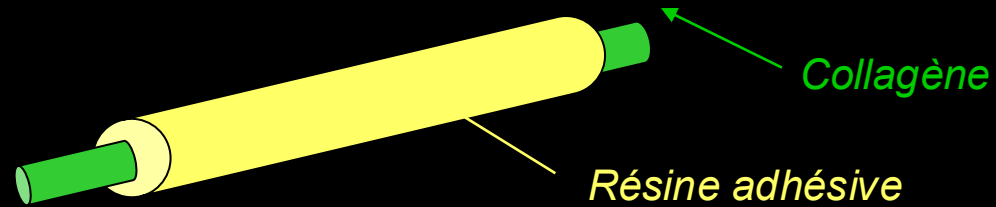
Mazzoni et al. Role of dentine MMps in caries progression and bond stability. *J Dent Res* 2014

Dégradation de la couche hybride



La Couche Hybride

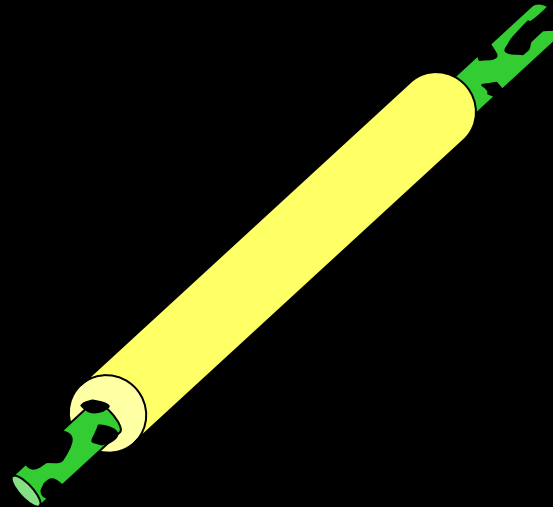
Couche hybride



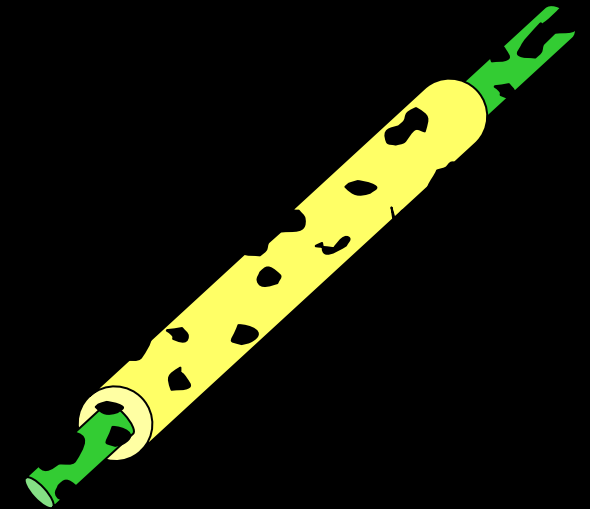
Les grandes voies de dégradation de la couche hybride



Dégradation de
la partie résineuse



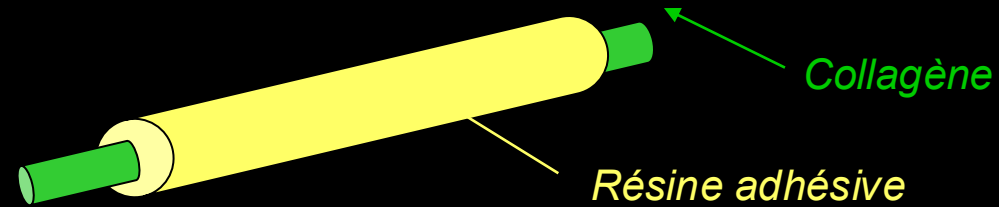
Dégradation de
la partie collagénique



Dégradation de
la partie résineuse
et collagénique

La Couche Hybride

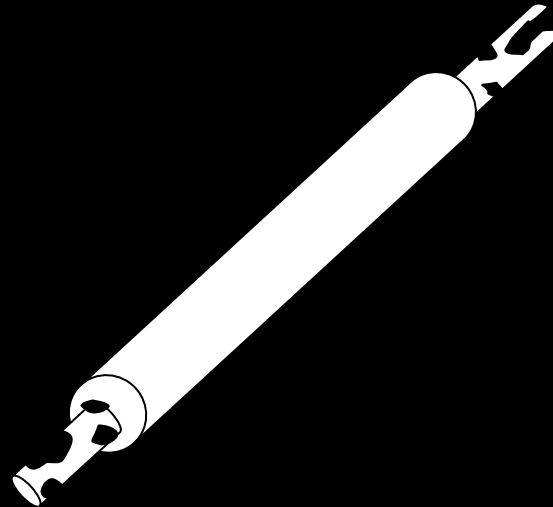
Couche hybride



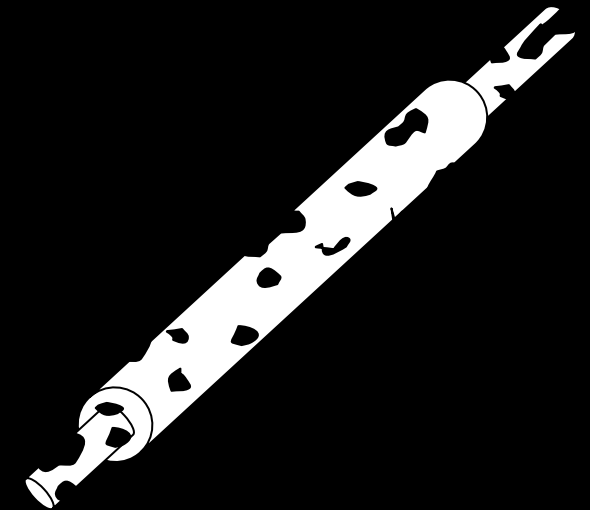
Les grandes voies de dégradation de la couche hybride



Dégradation de la partie résineuse

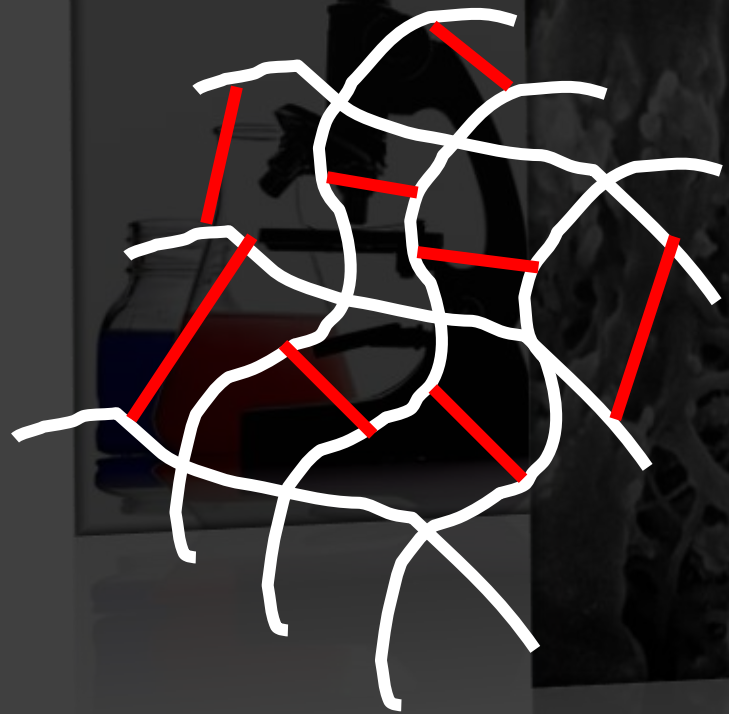


Dégradation de la partie collagénique



Dégradation de la partie résineuse et collagénique

Hydrolyse de la résine



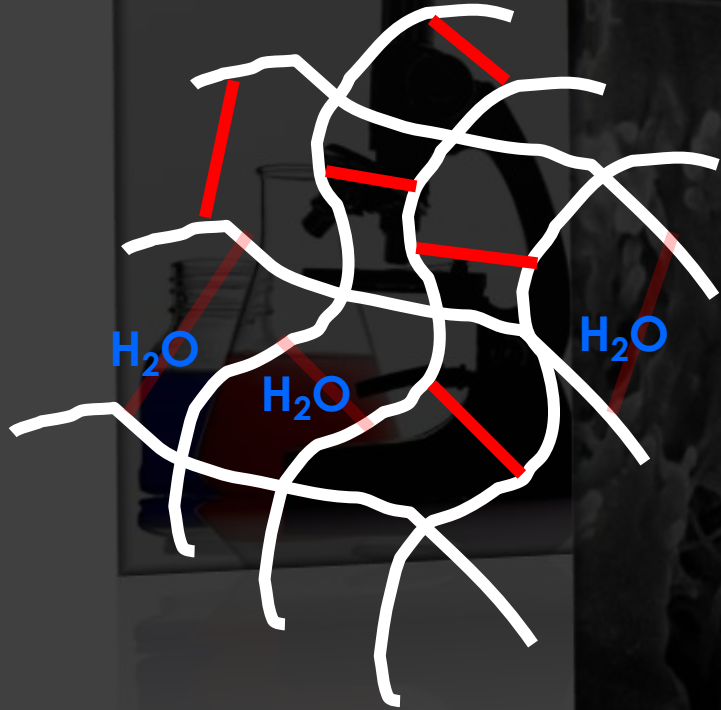
□ Rupture de liaison covalente (ester) par l'eau au sein du polymère

Tay F et al. Water treeing in simplified dentin adhesives. *Oper Dent* 2005;30:561-579.

Tay F et al. Have dentine adhesives become too hydrophilic? *Can Dent Assoc* 2003;69:726-731.

Breschi L. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications *Dent Mater* 2017

Hydrolyse de la résine



- Rupture de liaison covalente (ester) par l'eau au sein du polymère
- Absorption d'eau par la résine

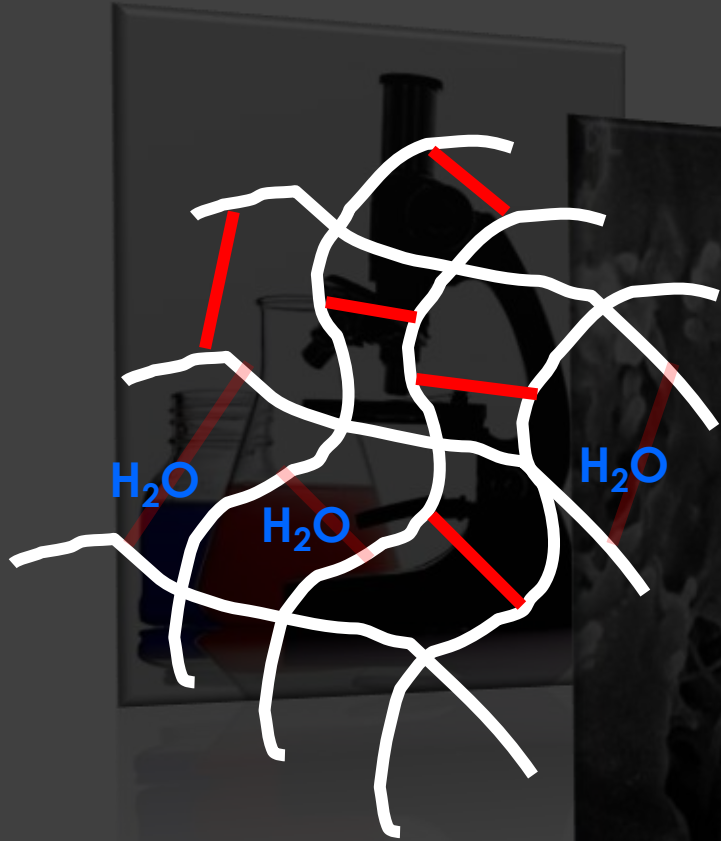
Burrow MF et al. Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. *Dent Mater* 1996;12:302-307.

Malacarne J et al. Water sorption/solubility of dentinal adhesives resins. *Dent Mater* 2006;22:973-980.

Ito S et al. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomaterials* 2005;26:6449-6459.

Breschi L. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications *Dent Mater* 2017

Hydrolyse de la résine

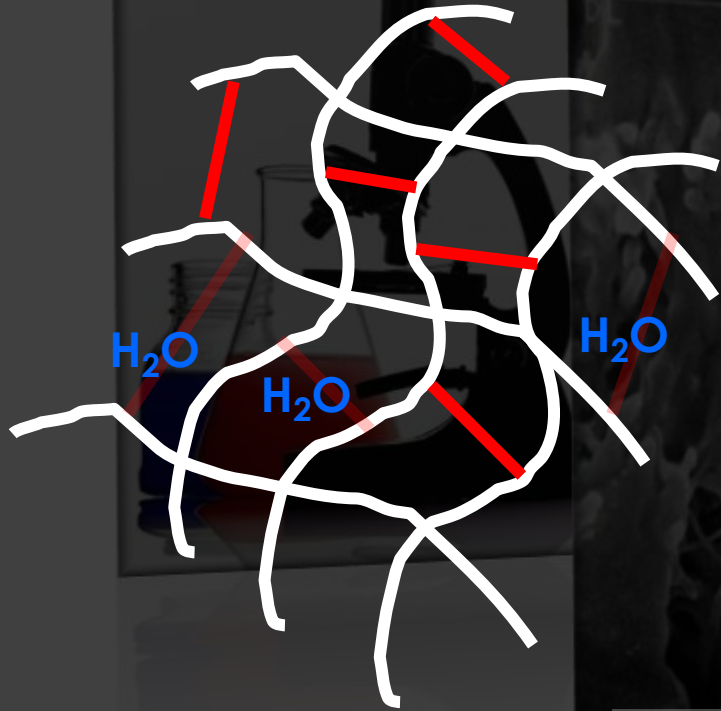


- Rupture de liaison covalente (ester) par l'eau au sein du polymère
- Absorption d'eau par la résine
- Modification du module d'élasticité de la résine.

Ito S et al. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomaterials* 2005;26:6449-6459.

Breschi L. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications *Dent Mater* 2017

Hydrolyse de la résine



- Rupture de liaison covalente (ester) par l'eau au sein du polymère
- Absorption d'eau par la résine
- Modification du module d'élasticité de la résine.
- Diminution de l'adhésion au cours du temps

Watanabe I et al. Bonding durability of photocured phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin. *Quint Int* 1993;24:335-342.

Tay F et al. Aging affects two modes of nanoleakage expression in bonded dentin. *J Dent Res* 2003;82:537-541.

Breschi L. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications *Dent Mater* 2017

Origine de l'eau?

Dentine

:

70 % : minérale

18 à 22 %: matrice organique

- protéine collagénique (I, III, IV) = 90%

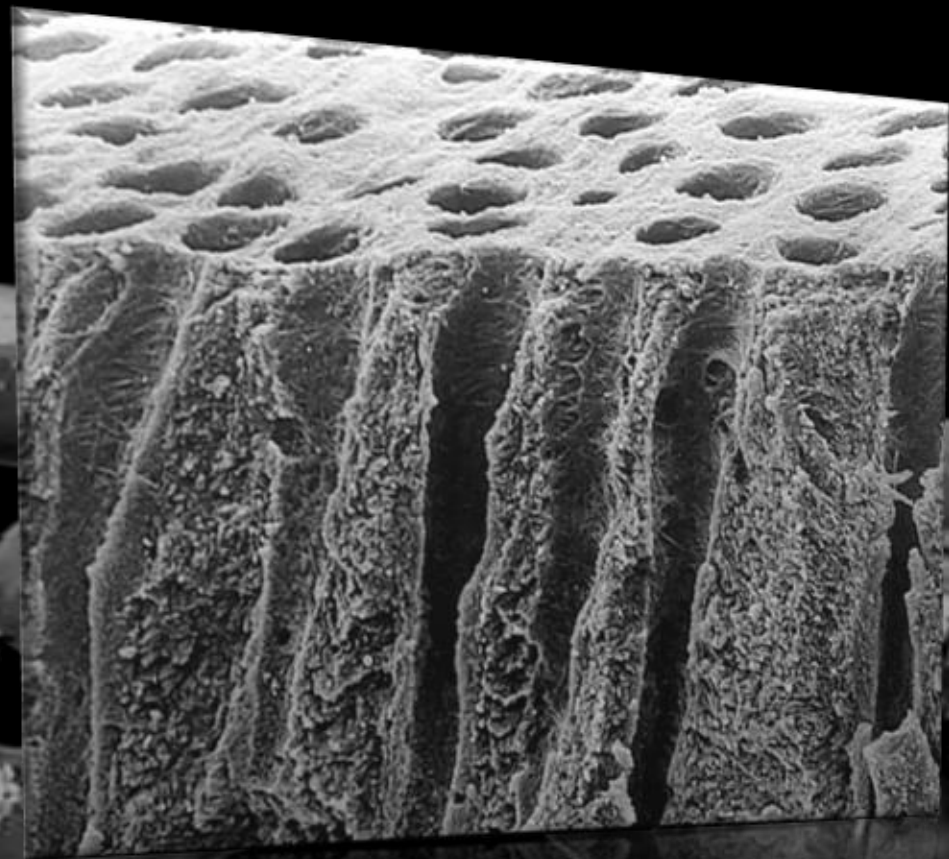
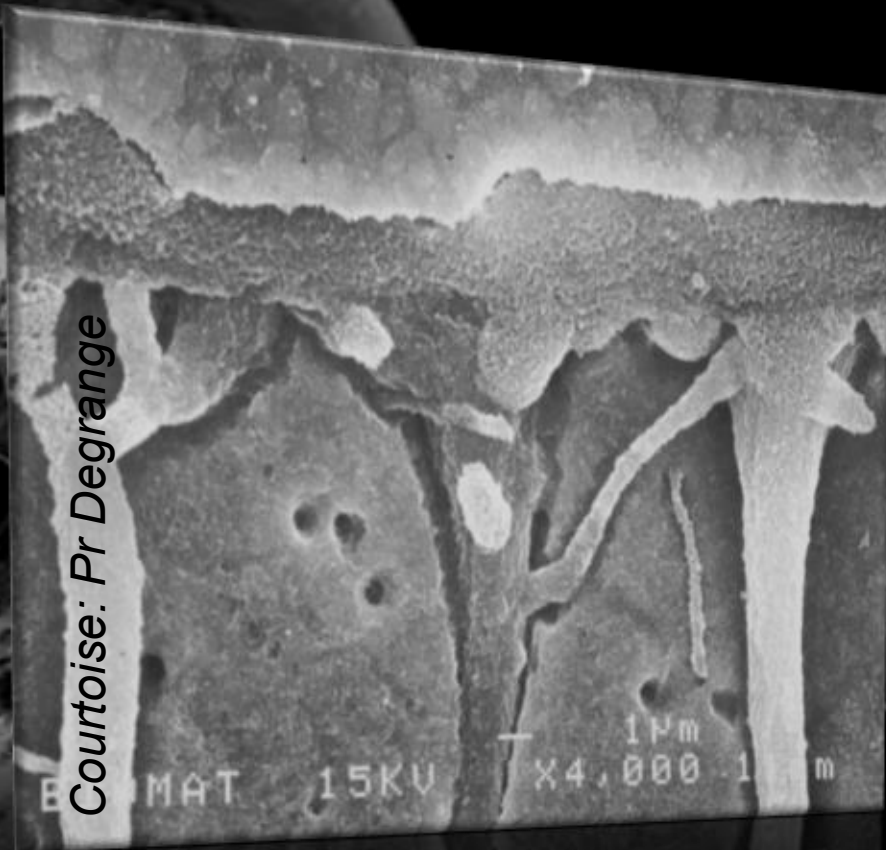
- protéine non collagénique = 10%

(sialoprotéine, phosphoprotéine, protéoglycanes,
F de C, MMPs, ...)

7 à 12 % eau

Comment arrive l'eau?

Courtoise: Pr Degrange

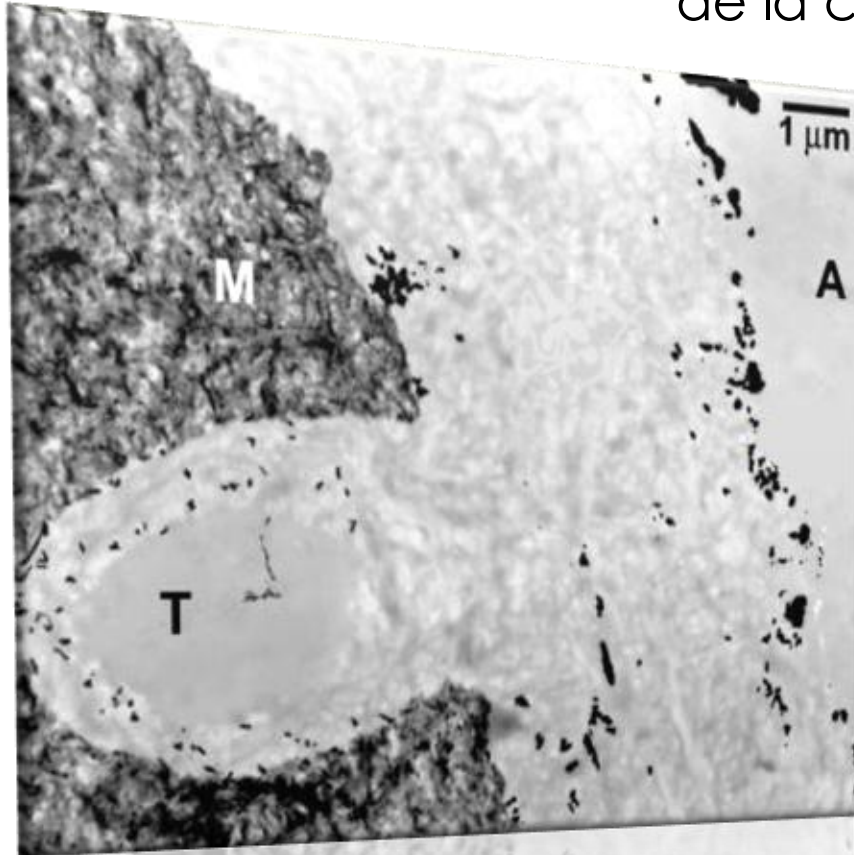


Comment arrive l'eau?

Adhésifs auto-mordançants et avec pré-mordantage

Nanoleakage

« ... zones de microporosités en dessous et à l'intérieur de la couche hybride... »



Document: FR Tay

Breschi L. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications *Dent Mater* 2017

Sano H et al. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent* 1994;19:59-64.

Sano H et al. Comparative SEM and TEM observations of nanoleakage within the hybrid layer. *Oper Dent* 1995;20:18-25.

Tay F et al. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res* 2002;81:472-476.

Tay F et al. Aging affects two modes of nanoleakage expression in bonded dentin. *J Dent Res* 2003;82:537-541.

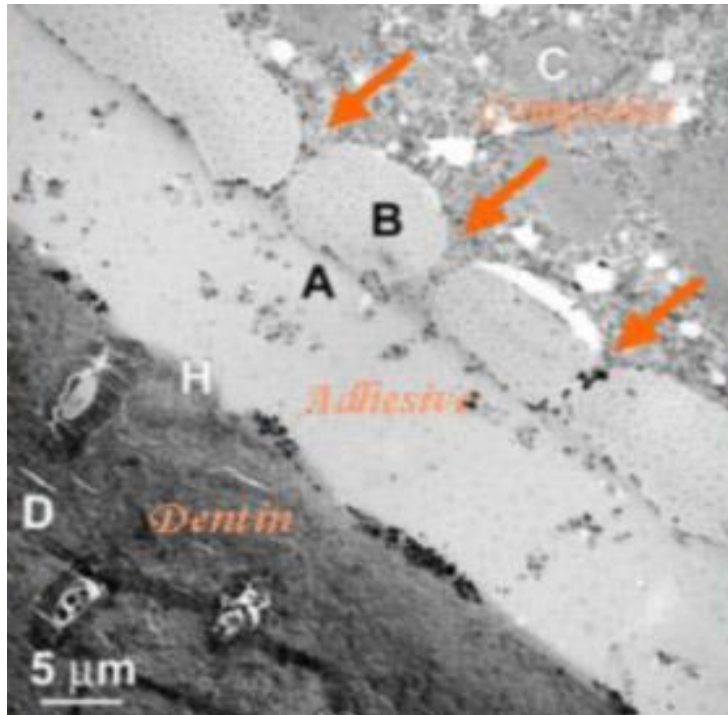
Comment arrive l'eau?

Adhésifs auto-mordançants

Les adhésifs auto-mordançants se comportent comme des membranes semi-perméables.

Il existe de nombreuses bulles d'eau au sein de la couche hybride.

Document: Franklin Tay



TEM

Breschi L. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications *Dent Mater* 2017

Fraseto A. Mechanisms of degradations of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability *Dent Mater* 2015

Chersoni S et al. Water movement in the hybrid layer after different dentin treatments. *Dent Mater* 2004;20:796-803.

Chersoni S et al. In vivo and in vitro permeability of one-step self-etching adhesives. *J Dent Res* 2004;83:459-464.

Tay F et al. Water treeing. A potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 2003;16:6-12.

Grégoire G et al. Effect of self-etching adhesives on dentin permeability in a fluid flow model. *J Prosthet Dent* 2005;93:56-63.

Courtoisie: Pr Chersoni

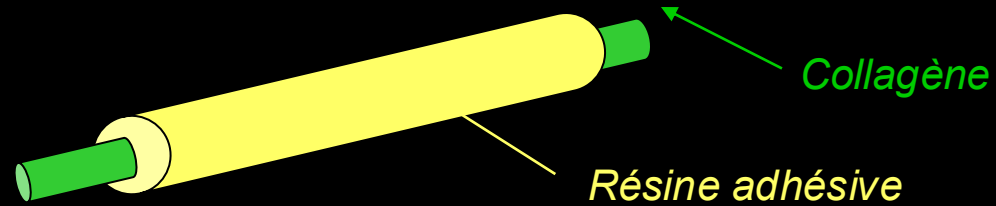
Comment arrive l'eau?

Adhésifs auto-mordançants

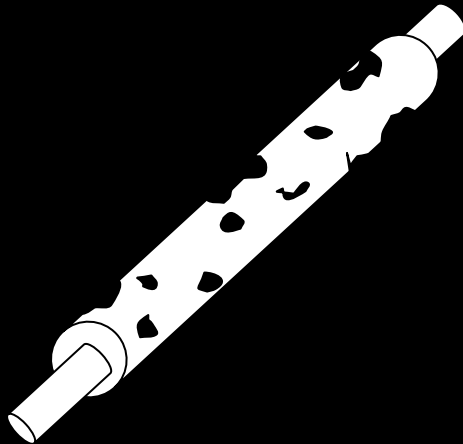


La Couche Hybride

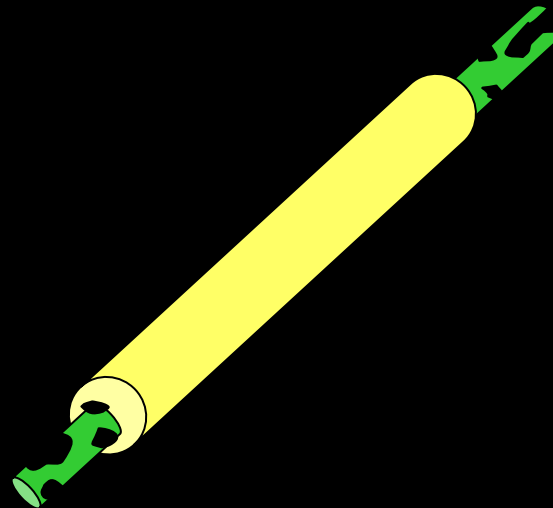
Couche hybride



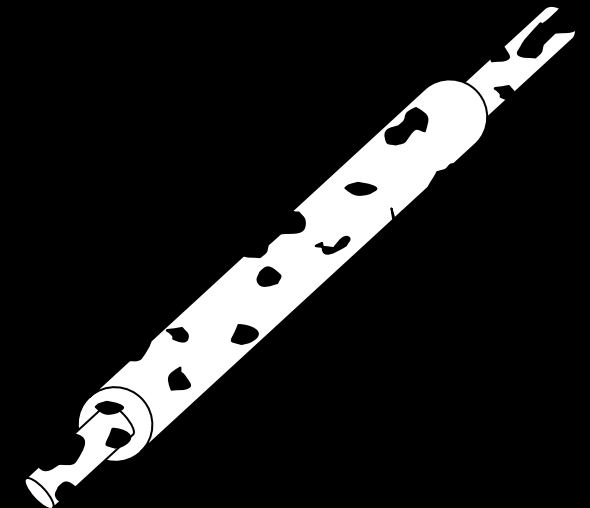
Les grandes voies de dégradation de la couche hybride



Dégradation de
la partie résineuse



Dégradation de
la partie collagénique



Dégradation de
la partie résineuse
et collagénique

Hydrolyse du collagène

Hashimoto M et al. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials* 2003;24:3795-3803.

Dégradation enzymatique

Les métalloprotéinases interviennent dans la dégradation des fibres de collagène non imprégnées au sein de la couche hybride.

Mazzoni A et al. Role of dentin MMPs in caries progression and bond stability. *J Dent Res* 2014; 86:436-440.

Tay Fr et al. Self-etching adhesives increase collagenolytic activity in radicular dentin. *J Endod* 2006;32:862-868.

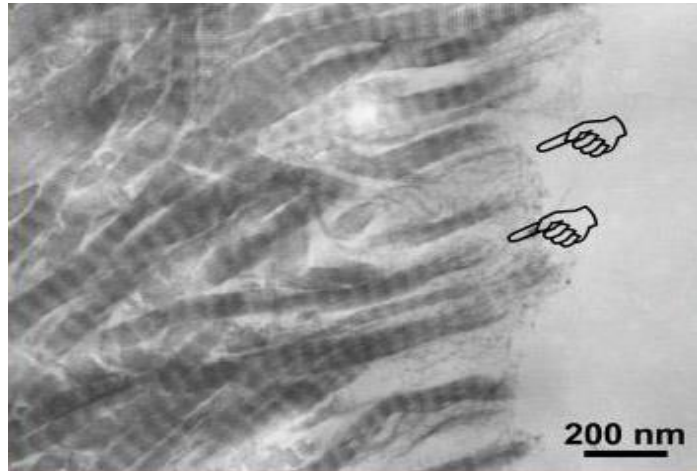
Mazzoni A et al. Zymographic analysis and characterisation of MMP-2 and -9 isoforms in human sound dentin. *J Dent Res* 2007;86:436-440.

Nishitani Y et al. Activation of gelatinolytic/collagenolytic activity in dentin by self-etching adhesives. *Eur J Oral Sci* 2006;114:160-166.

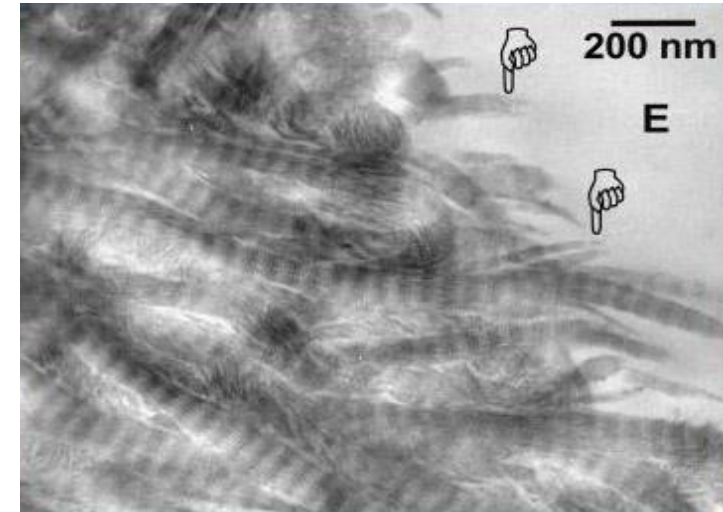
Pashley DH et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res* 2004;83:216-221.

Dégradation enzymatique

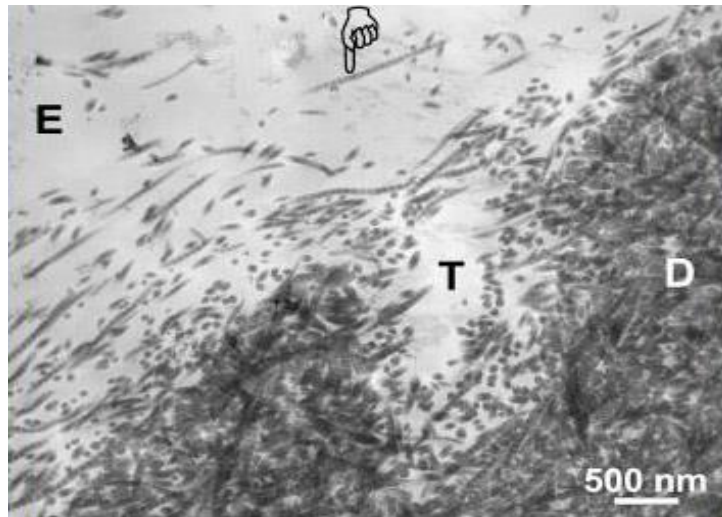
Documents: Franklin Tay



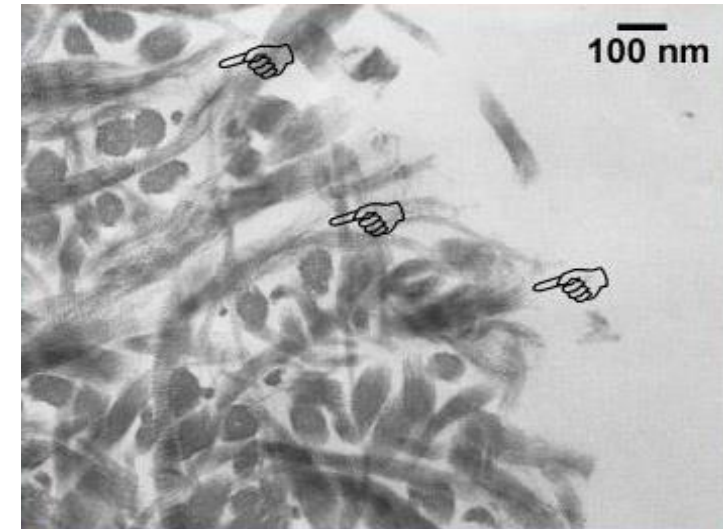
H+24: Les terminaisons des fibres de collagène sont dénaturées.



J+90: Disparition de la structure microfibrillaire

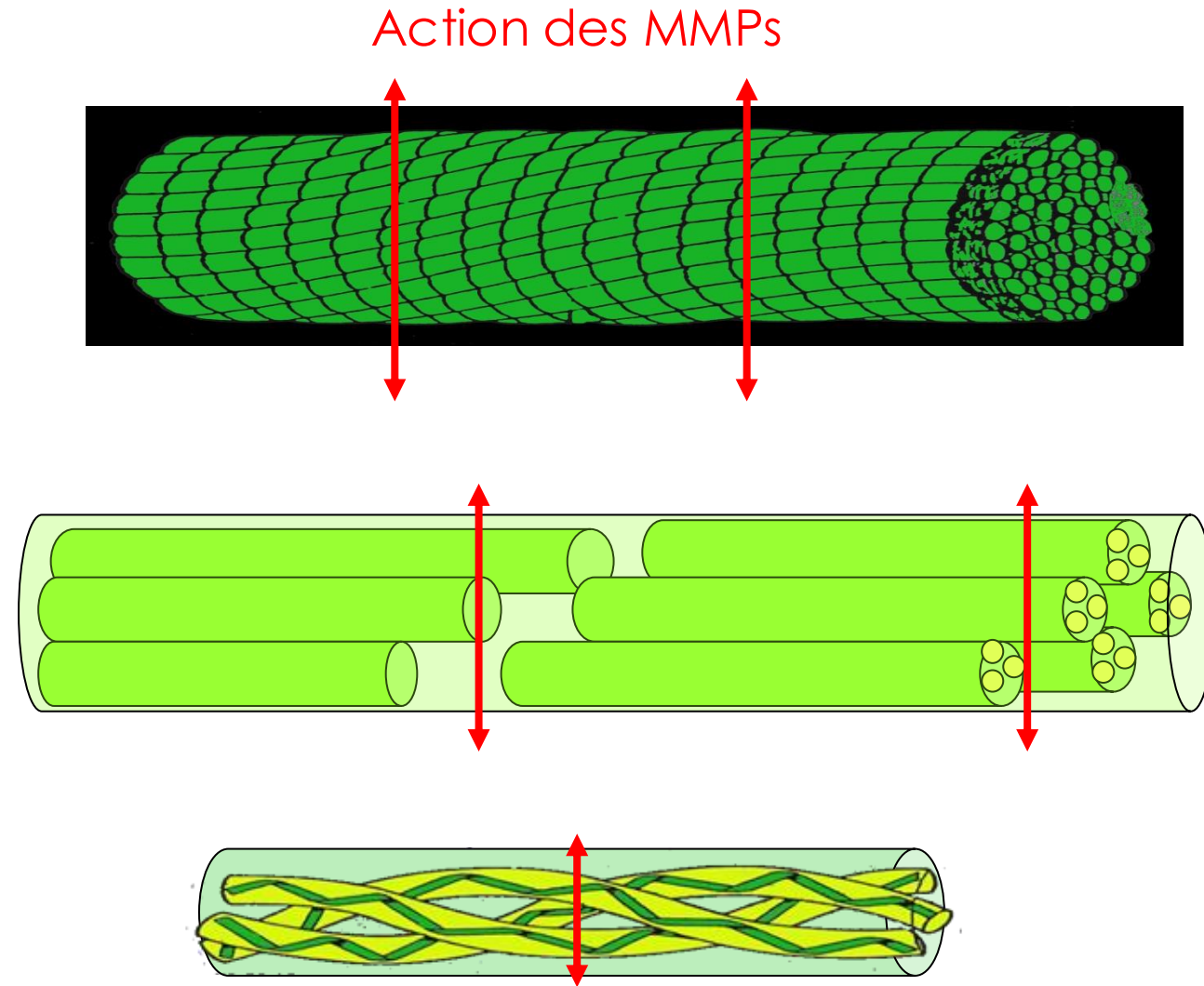


J+250: Disparition partielle ou totale des fibres de collagène



J+250: Présence d'inhibiteur de MMPs. Les fibres de collagènes sont intactes.

Dégradation enzymatique Rôle des MMPs

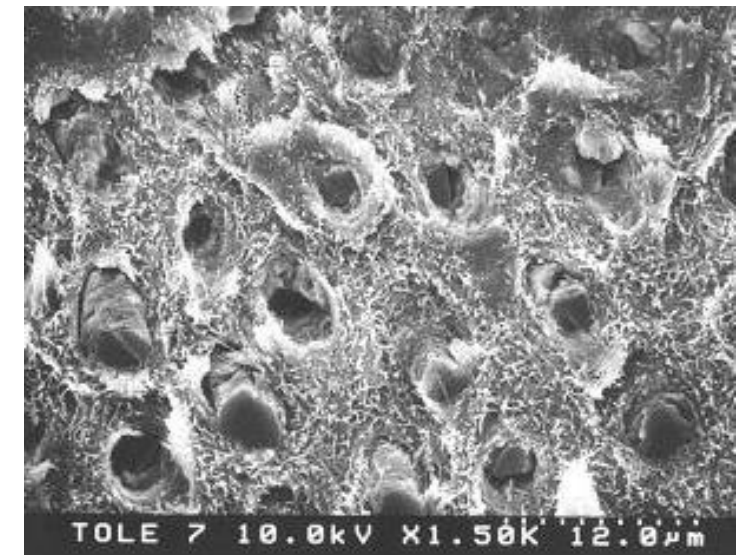
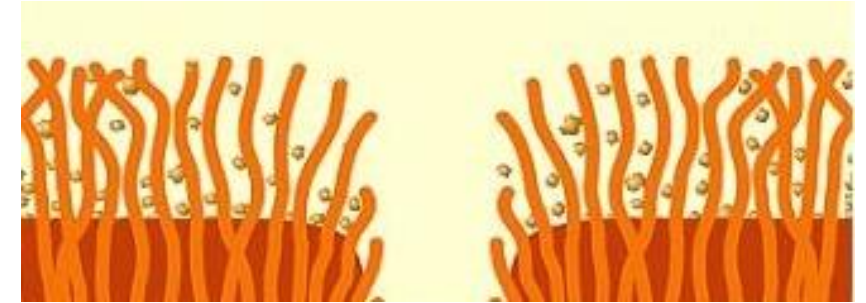


Cause de la non imprégnation des fibres de collagène au sein de la couche hybride

Avec les adhésifs M&R, on observe une différence entre la déminéralisation et l'infiltration de la dentine en particulier avec les M&R2 riches en monomères hydrophiles

Tay F et al. A single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 2002;30:371-382.

Hashimoto M et al. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000;79:1385-1391.



Courtoisie Dr Hashimoto

Cause de la non imprégnation des fibres de collagène au sein de la couche hybride

Il existe un différentiel d'imprégnation des fibres de collagène entre la superficie et la profondeur de la couche hybride avec les adhésifs nécessitant un pré-mordançage.

L'imprégnation des fibres de collagène est plus homogène au sein de l'épaisseur de la couche hybride lors de l'utilisation d'un SAM.

Cause de la non imprégnation des fibres de collagène au sein de la couche hybride

La présence de protéoglycannes associés aux fibres de collagène.

Les protéoglycannes sont des glycoprotéines de la matrice qui permettent à la dentine de rester humide.

Ce sont les réservoirs d'eau de la couche hybride.

Goldberg M et Takagi M. Dentin proteoglycans: composition, ultrastructure and functions. *Histochem J* 1993;25:781-806.

Embery G et al. Proteoglycans in dentinogenesis. *Crit Rev Oral Biol Med* 2001;12:3331-349.

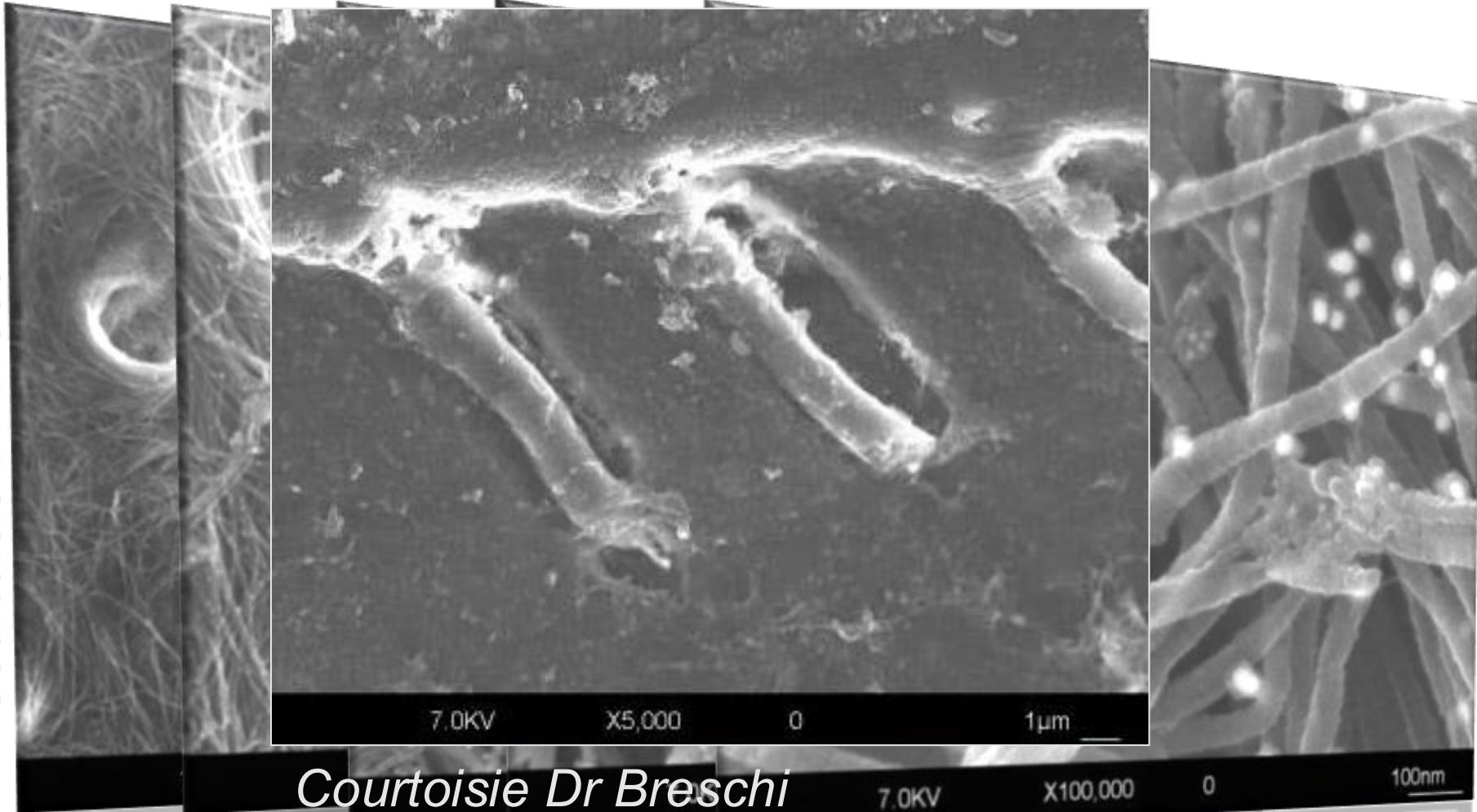
Ces réservoirs d'eau entravent la bonne imprégnation des fibres de collagène par la résine.

Breschi L et al. Dentin proteoglycans: an immunocytochemical FEISEM study. *J Biomed Mater Res* 2002;61:40-46.

Breschi L et al. Immunocytochemical analysis of dentin: a double labeling technique. *J Biomed Mater Res* 2003;67A:11-17.

Utilisation d'anticorps spécifique qui marque les protéoglycannes
Associés aux fibres de collagène non imprégnées par la dentine.

Courtoisie Dr Breschi

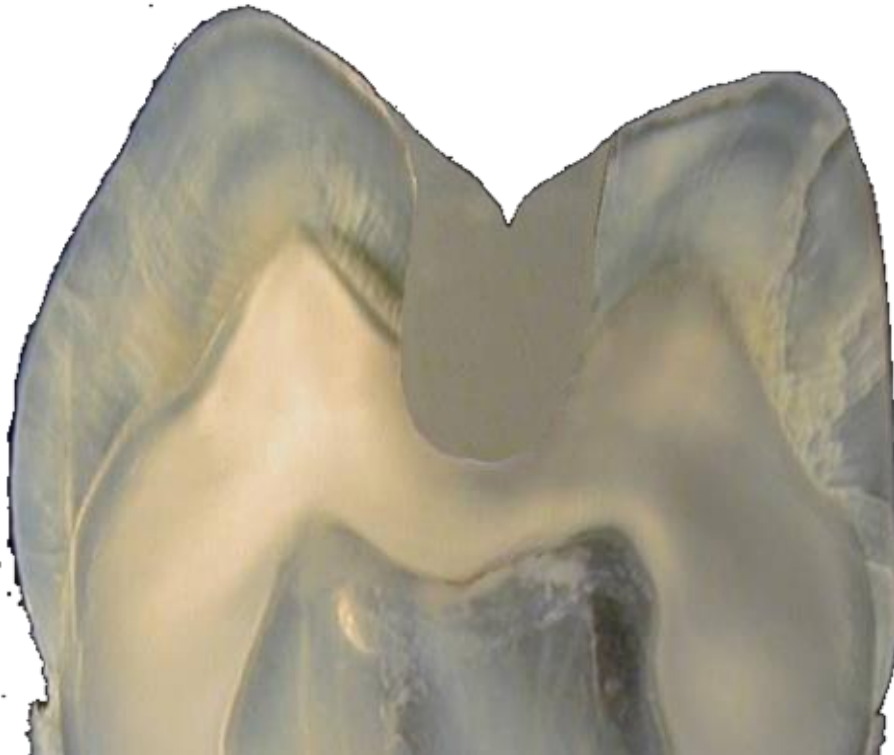


Courtoisie Dr Breschi

Immunoleakage

Quelle est l'origine des MMPs

...de la matrice dentinaire.



Tay Fr et al. Self-etching adhesives increase collagenolytic activity in radicular dentin. *J Endod* 2006;32:862-868.

Nishitani Y et al. Activation of gelatinolytic/collagenolytic activity in dentin by self-etching adhesives. *Eur J Oral Sci* 2006;114:160-166.

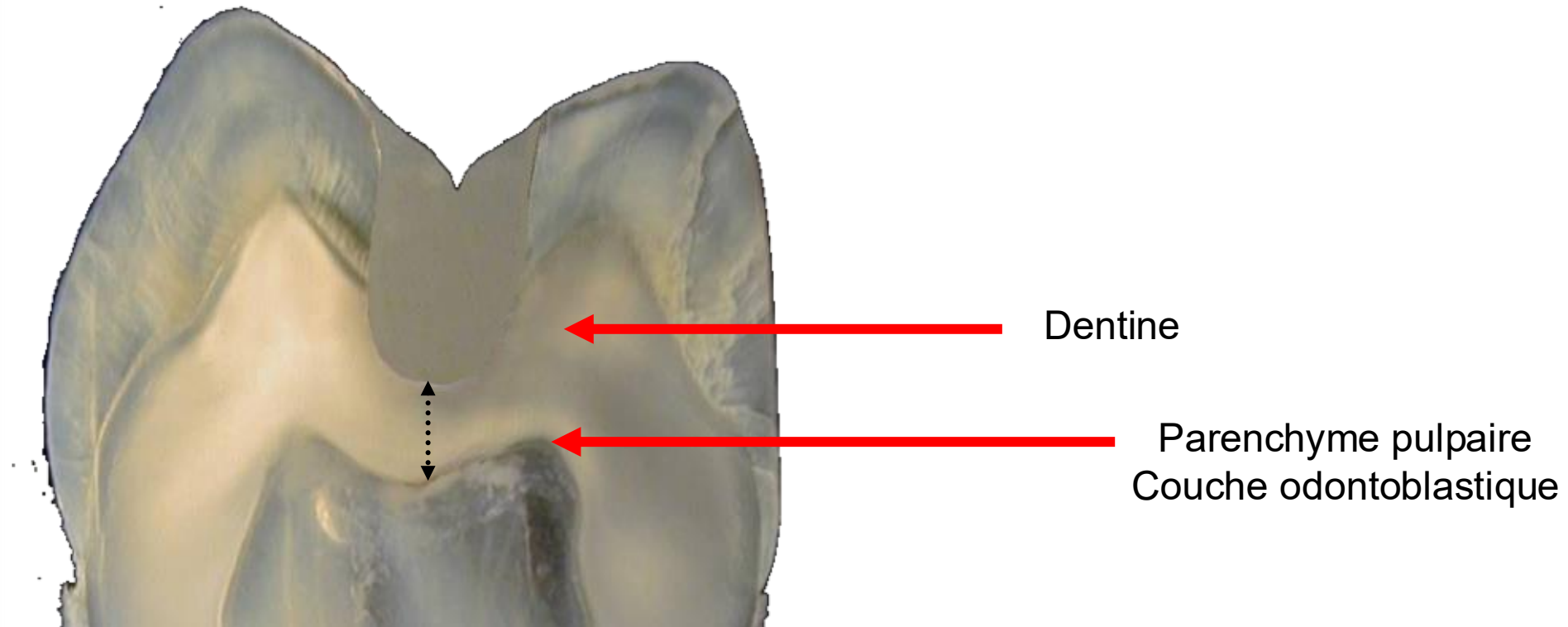
Van Strip AJ et al. Host-derived proteinases and degradation of dentine collagen in situ. *Caries Res* 2003;37:58-65.

Mazzoni A et al. Zymographic analysis and characterisation of MMP-2 and -9 isoforms in human sound dentin. *J Dent Res* 2007;86:436-440.

Pashley DH et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res* 2004;83:216-221.

Quelle est l'origine des MMPs

...mais pas uniquement.



Dégradation du collagène

MMP-2

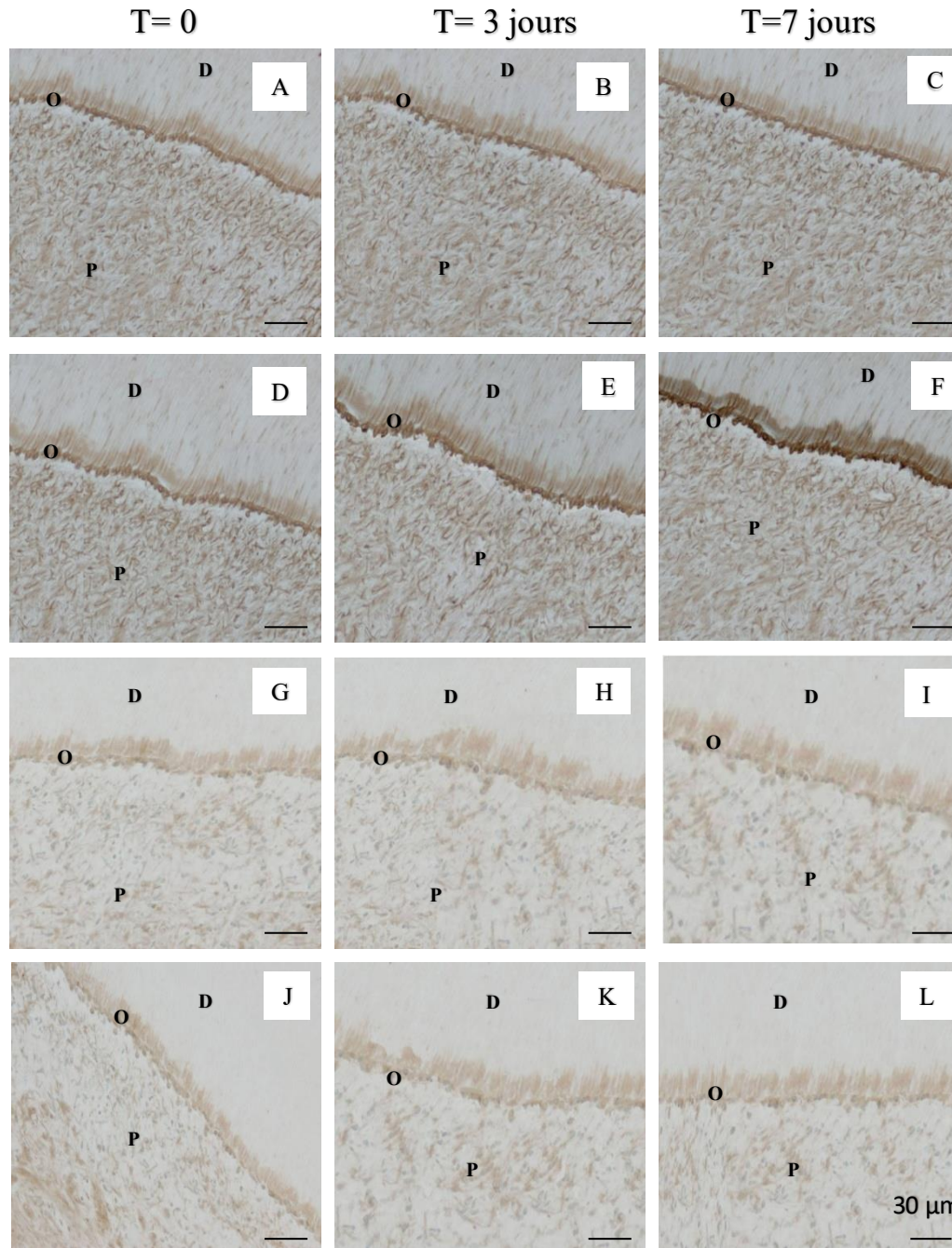
+ cavité, - adhésif, - composite

+ cavité, + adhésif, + composite

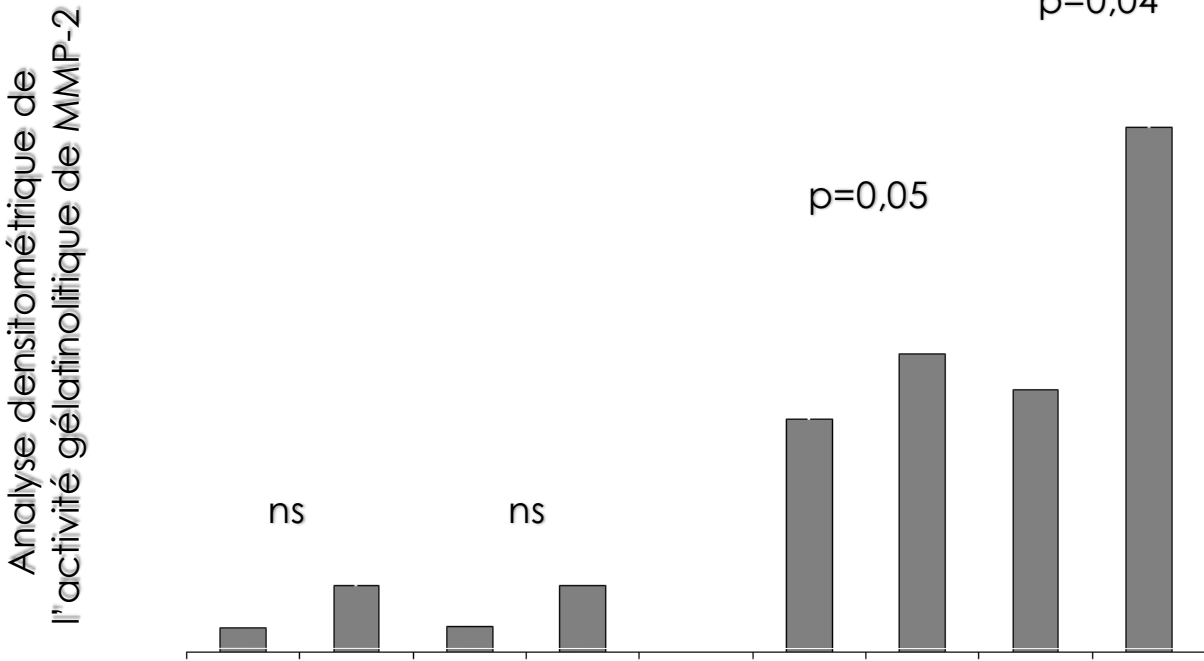
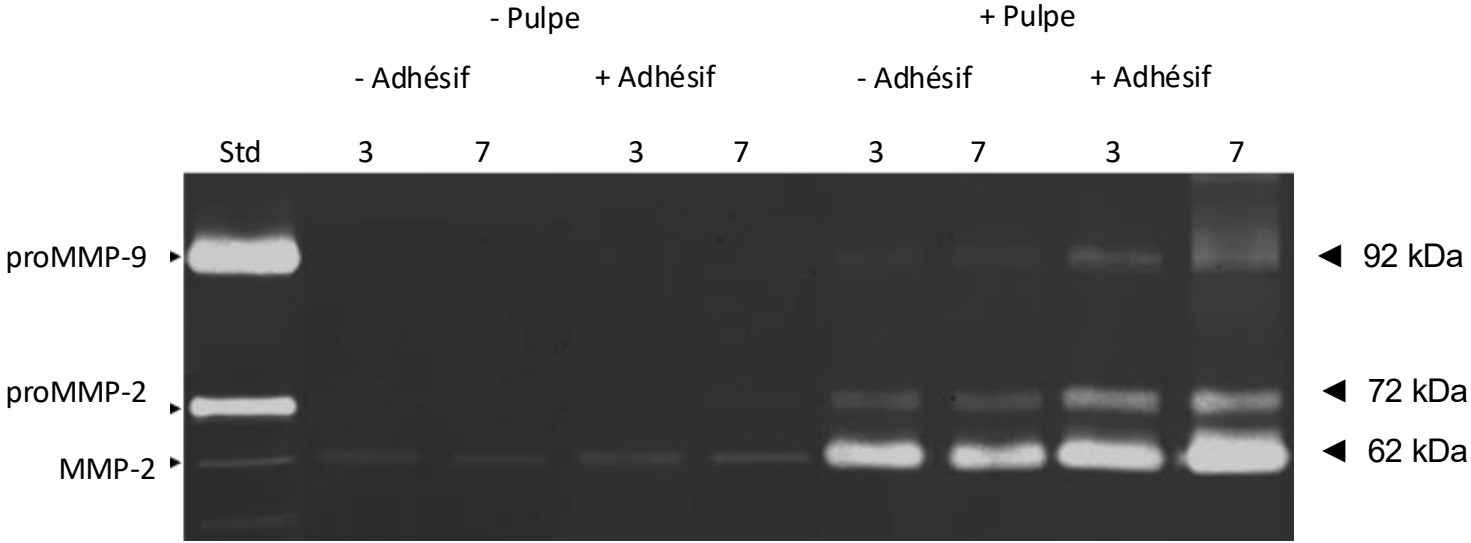
MMP-9

+ cavité, - adhésif, - composite

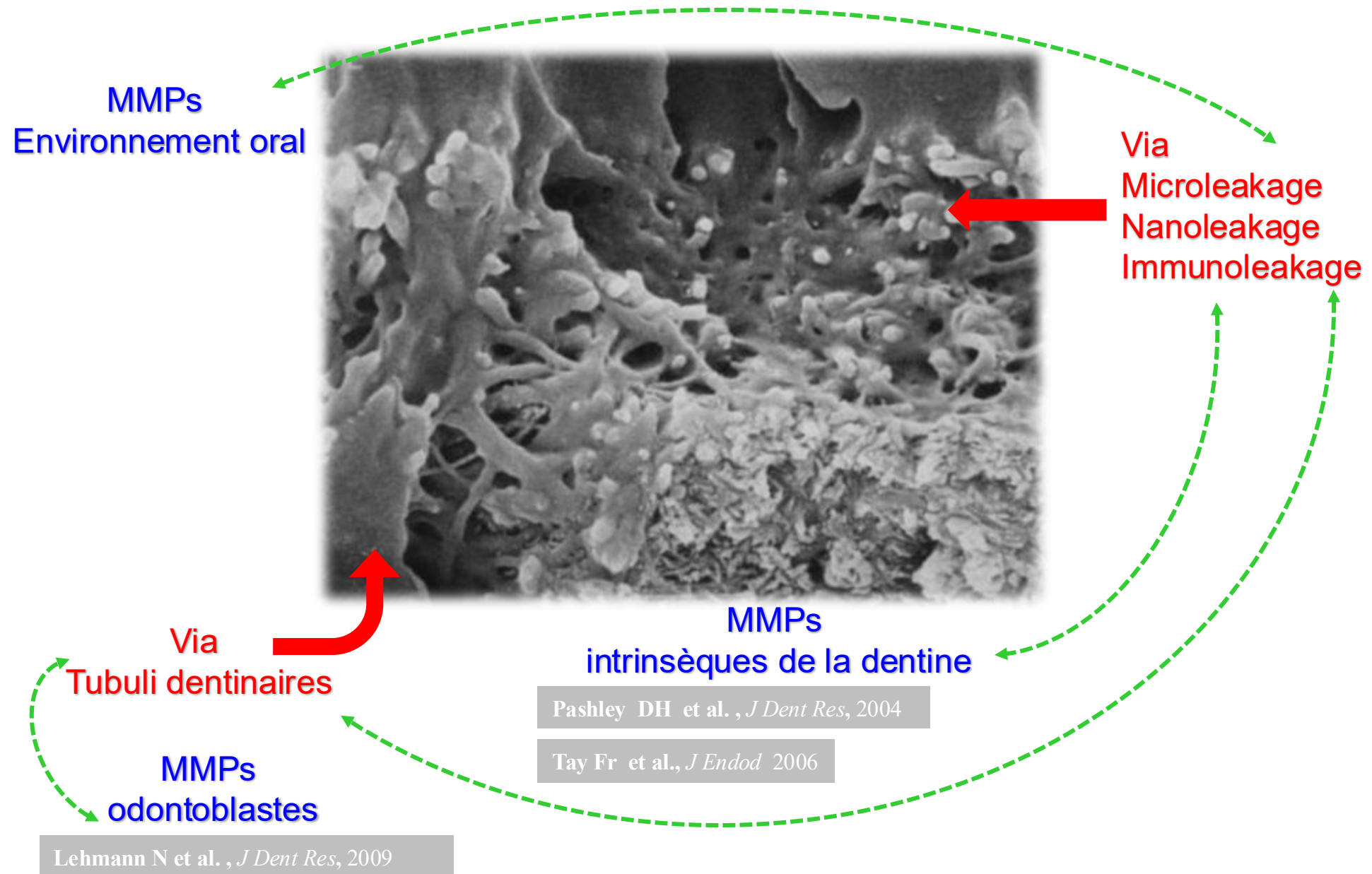
+ cavité, + adhésif, + composite



Dégradation du collagène

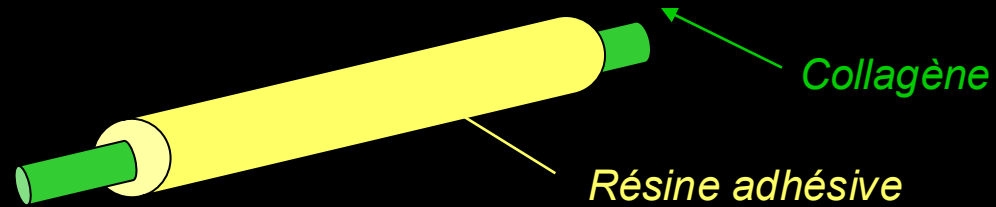


Voies de la Biodégradation

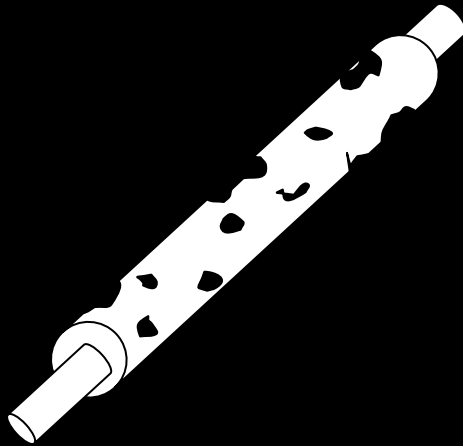


La Couche Hybride

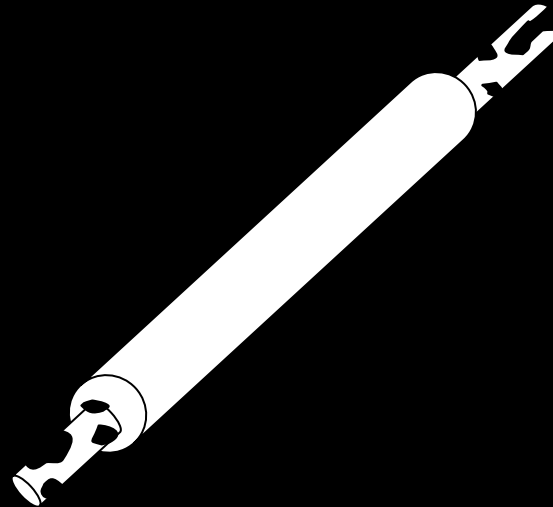
Couche hybride



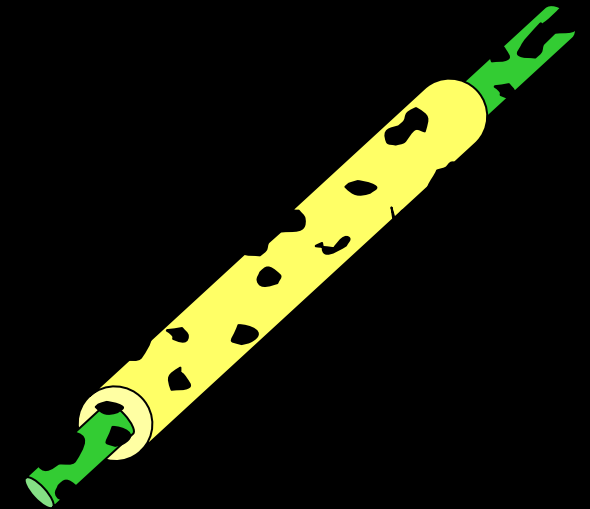
Les grandes voies de dégradation de la couche hybride



Dégradation de
la partie résineuse



Dégradation de
la partie collagénique



Dégradation de
la partie résineuse
et collagénique

Comment assurer la pérennité du collage?



Privilégier un adhésif contenant du 10-MDP (si possible en deux étapes)



Fehrenbach et al. Wich self-etch acidic composition may result in higher dental bonds at the long term? A network meta-analysis review of in vitro studies. *J Dent.* 2022

Ahmed MH et al. Acrylamide monomers in universal adhesives. *Dent MATER.* 2023

Eviter d'utiliser des adhésifs « hydrophiles » (plus sensibles à l'hydrolyse) contenant du HEMA

Dos Santos Souza L et al. Clinical performance of the ethanol-wet bonding technique with different adhesive systems in non carious cervical lesion restorations: a 6-year randomized clinical trial.. *Clin Ora Invest* 2026

Comment assurer la pérennité du collage?



Appliquer plusieurs couches d'adhésif
⇒ Réduction du nanoleakage à chaque application d'adhésif.

Hashimoto M et al. Permeability of adhesive resin film. *J Biomed Mater Res* 2005;74:699-705.

Appliquer une couche de résine hydrophobe (composite fluide) sur la couche d'adhésif



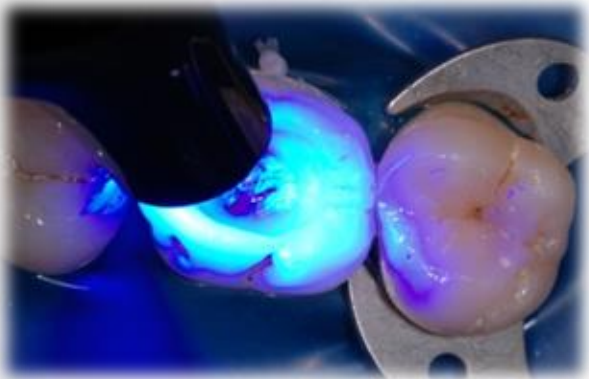
Hardan L et al. Effect of different application modalities on bonding performance of adhesive systems to dentin: a systematic review and meta-analysis. *Cell* 2023.



Victoria Fuentes M et al. Effect on an additional bonding resin on the 5year performance of a universal adhesive: a randomized clinical trial. *Clin Oral Invest.* 2023



Comment assurer la pérennité du collage?



Augmenter le temps de polymérisation

- ⇒ Augmentation du taux de conversion
- ⇒ Réduction du risque d'hydrolyse de la résine.

Cadenaro M et al. Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *Eur J Oral Sci* 2005;113:525-530.

Utilisation de Chlorhexidine

⇒ Inhibiteur de l'activité des métalloprotéinases



Carrilho MR et al. Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. *J Dent Res* 2007;86;90-94.

Breschi L et al. Chlorhexidine preserves the hybrid layer in vitro after 10-years aging. *Dent Mater* 2020

Göstemeyer, Schwendicke. Inhibition of hybrid layer degradation by cavity pretreatment: meta-and trialsequential analysis. *J Dent* 2016

Reis A et al. Some myths in dentin bonding: an evidence-based perspective. *J Dent Res* 2023



Comment assurer la pérennité du collage?



Eviter le mordantage de la dentine à l'acide phosphorique.
 H_3PO_4 très/trop agressif pour la dentine

- hydroxyapatite protégeant le collagène est complètement retirée
- collagène exposé et non imprégné à 100%
- hydrolyse et dégradation enzymatique

Breschi L et al. The evolution of adhesive dentistry: From etch-and-rinse to universal bonding systems. *Dent Mater*; 2025



Privilégier les adhésifs automordançants sur la dentine, ou les universels.

Réaliser un mordantage sélectif de l'émail à l'acide orthophosphorique

Breschi L et al. The evolution of adhesive dentistry: From etch-and-rinse to universal bonding systems. *Dent Mater*; 2025

Merci pour votre attention

nicolas.lehmann263@gmail.com

